

やる気のスイッチとモータの制御

勤務先の地域には学習塾が並んでいます。その中に「やる気のスイッチ」を掲げたところがあるのですが、そのスイッチは、あのロッカー型、機器の主電源や電灯スイッチに使われるシーソー型のスイッチ、で良いのだらうかと、ふと妙なことが気になりました。やる気にはコイルのような性質があるのでは、ならば、そのスイッチに気を遣わなければと。

受動電子部品としてのコイルは、抵抗やコンデンサに比べると用途が限定的で、センサ信号の処理回路などではあまり見かけませんが、電源回路ではよく使われています。主に、電流の流れの平滑化、ノイズ対策、または電圧を上げるために役立っています。その一方で、メカトロという枠組みでは、存在感が大きくなります。というのも、導線を巻いたらそこにコイルの性質が生じ、中に鉄芯などが入っているとその性質が強くなります。つまり、モータやソレノイド、電磁弁などの電磁系アクチュエータ、また、電磁石を含むリレーも、すべてコイルなのです。そのため、メカトロの電氣的な面に取り組もうとすると、必然的にコイルの性質を良く理解し、それによるトラブルの対策が必要となります。

コイルの特性は、一言で言えば、「電流の時間変化と両端の電圧は比例する」です。抵抗が「電流と電圧は比例する」であることに對し、「時間

変化」(時間微分)が関わります。抵抗では比例定数が抵抗値であるように、コイルの比例定数は(自己)インダクタンスという数値で、単位は「H:ヘンリー」です。モータの仕様には、単位が「mH」の項目が見られます(Hは単位として大きすぎ、mH・ μ H:ミリ・マイクロヘンリーが一般的)。この法則は二つの解釈ができます。まず、電流が時間変化すると、コイル両端に電圧が生じます(変化しなければ、何A流れていても電圧ゼロ)。一方で、ある電圧をかけたときは、それに比例して電流が増減します。

前者による大きな問題点は、「コイルは急にはオフにできない」です。たとえば、単にモータやソレノイドにスイッチ(リレーや半導体スイッチ)を付けてオンオフします。注意すべきはこのオフにするときで、ある程度電流が流れているところから、回路が開くことで電流が急にゼロに落ちます。その際に、高電圧が発生します。たとえば、1mHのコイルがあり、10Aの電流が流れているのを10万分の1秒(10マイクロ秒)でオフにしたとしましょう。すると、両端には1000Vの電圧が生じることになります。これだけ高いと、火花が散ったり、半導体スイッチが即死したりします。リレーの接点が光って見えたとすると、この可能性があります。

とはいえ、これらは動作に応じてオフにしなければ

熊谷正朗 —KUMAGAI MASAOKI—

東北学院大学 工学部 機械知能工学科 教授

東北学院大学工学部 教授／仙台市地域連携フェロー(ロボットメカトロ系担当)。2000年東北大学大学院工学研究科修了、博士(工学)、同大助手。03年東北学院大学講師、助教授、准教授を経て、現在に至る。ロボメカ系開発を専門とし、メカの設計からマイコンやサーバのソフト開発までを行う。「基礎からのメカトロニクス講座」や地域企業訪問も実施中。



ればなりません。そこで、このコイルのところにふだん流れる向きとは逆向きに、並列に、ダイオードという一方方向にだけ電流の流れる半導体部品を取り付けます。普段は流れませんが、このオフにした瞬間に、このダイオードを電流がバイパスすることで、スイッチはオフするけれど、コイルの電流はすぐにオフにならず、徐々に減っていくようになります。このダイオードをフリーホイールダイオードと呼び、コイルものをオンオフする回路では必須です。ただし、ダイオードが間に合わない場合もあり、瞬間的に高めの電圧が生じたり、これにともなって電磁ノイズが出たりします。これがスイッチングノイズと呼ばれる、スパイク状のノイズです。

これに関連してやっかいなのは、電源やモータ駆動装置の構成です。効率の観点から、これらはスイッチングと呼ばれる手法で出力制御をしています。一般的にはある周波数、たとえば20kHzや100kHzでオンオフを繰り返しつつ、オンの時間の比率を増減することで出力を高低します。さまざまな対策がなされていますが、これらの部分がノイズ源になることは避けられません。一方、むしろ積極的に活用する手法としては、高電圧の発生手段で、自動車の点火プラグの回路や、もとよりも電圧を上げる、たとえば電池一本で回路を動かす場合などの昇圧回路に使われます。

もう一つ、「電圧に比例して電流が変化する」という性質は、たとえば、ステッピングモータに大きく影響します。ステッピングモータはコイルへの通電を切り替えることで動作させます。オフにするときは上述の対策が必要ですが、オンにするときにも、すぐには電流が流れない、という制約が生じています。とくに、回転速度を上げるために切替え速度を速くすると、電流が上がりきらない、すなわち十分なトルクが出ない、という問題が起きます。この対策としては、モータ本来の駆動電圧よりも高い電圧を供給し、一気に電流を増やして、その後は流れすぎないように調整する、という手段が用いられます。市販のコントローラはこの対策で高域でのトルク落ちを低減しています。

さて、冒頭の話に戻ります。「やる気」は、あるいは「エンジン」と称されることもあります。コイルっぽくないでしょうか？ 始めようとしてもなかなか上がらない、けれども、一度ノっているときに時間制限などで打ち切ると勢いが残ってモヤモヤするなど。以上から類推すると、やる気を出すには、最初に強力なモチベーションをかけて一気に立ち上げることと、急にオフにしないことが必要なのではないか、と思う次第です。とはいえ、「オフにする機能」は勉強のやる気に関しては不要な気もしますが。